

Aus dem Hygienischen Institut der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. W. Pfannenstiel

Die Staubverteilung in Marburg a. d. Lahn

Eine lufthygienische Studie

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Philipps-Universität Marburg

Vorgelegt von

Hugo Herrig

Zahnarzt aus Niederwienigern a. d. Ruhr

DRUCK VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG

1938

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 3. Mai 1937

Referent: Prof. Dr. W. Pfannenstiel

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät



Sonderdruck
aus „Bioklimatische Beiblätter“, Heft 2, 1938
Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

D 4

*Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554034_0050

Die Staubverteilung in Marburg a. d. Lahn. Eine lufthygienische Studie

Mit 9 Abbildungen

Von Hugo Herrig

Vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zu der noch ungeklärten Frage der Einwirkung des Staubes in der freien Luft auf die Volksgesundheit. In einigen Städten sind derartige Untersuchungen bereits angestellt worden oder noch im Gange, doch fehlt bisher die Untersuchung einer Stadt mit größeren Geländeerhebungen. Marburg an der Lahn kann als Repräsentant einer solchen Stadt betrachtet werden, da es in engstem Umkreise Erhebungen bis 200 m aufweist und sich selbst am Bergeshang hinaufzieht. So war es die Aufgabe dieser Arbeit, die Staubverteilung über dem gesamten Stadtgebiet Marburgs in der Abhängigkeit von den beeinflussenden Faktoren zu untersuchen. Die Messungen erstrecken sich über die Monate Mai bis September 1936.

Meßgeräte und Meßmethode.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde das von den Zeisswerken hergestellte *Freiluft-Konimeter Modell III* *) verwandt.

Bei der hygienischen Beurteilung des Staubgehaltes der Luft von Städten kommt es weniger darauf an, die Gesamtzahl der Staubteilchen in einem bekannten Volumen festzustellen, als die Zahl derjenigen Teilchen, die ihrer Größe nach bis in die Alveolarräume der Lungen eindringen können. Da nach den bisherigen Ansichten [Te l e k y, L o c h t k e m p e r usw. (3)] nur Staubteilchen von 0,1 bis 10 μ , in der Hauptsache aber solche von 0,5 bis 2 μ , in Betracht kommen, so wurde in das Zeiss-Konimeter ein Filter eingeschaltet, das größere Staubteilchen fernhält, welche die kleineren überdecken und dadurch ungenaue Zählergebnisse liefern würden. Das Filter besitzt quadratische Öffnungen von 0,05 mm Seitenlänge, also einen Porendurchmesser von 50 μ . Dieser erwies sich bei den Versuchen aber als wesentlich geringer (20 bis 30 μ). Bei den ersten Versuchen kommt es nämlich bereits zu einer gewissen Verstopfung der Poren, die aber dann bis zu relativ sehr großen durchgesaugten Luftmengen verblüffend konstant bleibt (siehe L ö b n e r).

Durch das vorgeschaltete Filter wird auch eine Zusammenballung der kleinsten Teilchen verhindert und somit die Auszählung erleichtert. Die Wirkung des Filters hat L ö b n e r (2) sehr schön durch 2 Mikrophotographien demonstriert. Da nach seinen Versuchen der Anteil der größten Staubteile nur einen geringen Prozentsatz des im Konimeter ohne Filter gemessenen Gesamtstaubes (schätzungsweise 1 bis 2 %) beträgt, so kann man mit der für die vorliegenden Messungen großen relativen Genauigkeit vollkommen zufrieden sein.

Das Auszählen der Staufflecke wurde mittels eines Mikroskops bei einer 1120 fachen Vergrößerung vorgenommen, da es bei dieser am mühelosesten gelang ¹⁾. Durch ein zwischen Objektiv und Okular eingeschaltetes Netzmikrometer, das man mit den Stauffteilchen gleich scharf sieht, wird die Auszählung sehr erleichtert. Mit Hilfe einer Schnappfedervorrichtung läßt sich, genau wie beim Konimeter, die Objektscheibe feldweise weiterdrehen. Am Objektisch des Mikroskops ist eine Zentriervorrichtung angebracht, durch die man den Tisch seitlich und senkrecht verschieben kann, so daß alle Felder der Objektscheibe nacheinander in das Gesichtsfeld zu bringen sind ²⁾. Eine einwandfreie Auszählung sämtlicher in einem Staubbild befindlichen Stauffteilchen ist unmöglich und würde wegen frühzeitiger Ermüdung des Auges zu erheblichen Fehlern führen. Deshalb wählte ich folgende Auszählmethode, die sich am Geophysikalischen Observatorium in Leipzig bewährt hatte ³⁾.

Zunächst wird der Mittelpunkt des Stauffleckes festgestellt. Da der Fleck nur teilweise in das Gesichtsfeld des Mikroskops zu liegen kommt, verschiebt man nach rechts und links bis zum Rande und mißt so die Ausdehnung in Quadraten. Vom Mittelpunkt dieser ausgemessenen Strecke aus wird der Stauffleck senkrecht nach oben und unten verschoben. Der Mittelpunkt der Senkrechten liefert den wahren Mittelpunkt des Stauffleckes.

¹⁾ Siehe L ö b n e r (2), Anhang. Staubbilder bei 200- und 1200 facher Vergrößerung.

²⁾ Siehe auch „Mess.“ 709, Das Zeiss'sche Freiluft-Konimeter.

³⁾ Die bereitwillige Mitteilung verdanke ich Herrn M. R ö t s c h k e.

*) Näheres s. Mess. 560 V Zeiss-Konimeter, Carl Zeiss, Jena.

Diese Bestimmung des Mittelpunktes setzt natürlich einen gut definierten Rand und einen runden Stauffleck voraus. Nach mehrfachen Versuchen erhielt ich einen scharfen Rand, wenn ich den Pumpenkolben rasch bis zum Anschlag durchzog, so daß die Luft mit großer Geschwindigkeit durch die Düse auf die Objektscheibe strömte. Beim langsamen Ansaugen der Luft verteilen sich die Staubeile auf eine viel größere Fläche, so daß der Rand äußerst unscharf war. Der Mittelpunkt des Stauffleckes wird in den Mittelpunkt der vier scharf umrandeten Quadrate gerückt. Abb.1 möge die Auszählmethode veranschaulichen.

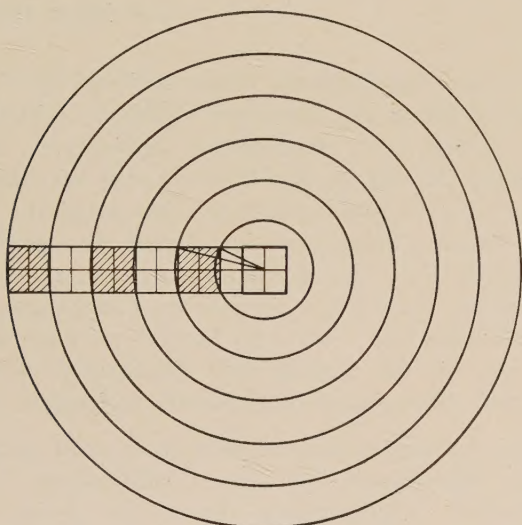


Abb. 1

Auszählt wurden nur die schraffierten Quadrate. Die Konzentration war bei allen ausgerechneten Stauffproben rotationssymmetrisch, deshalb genügte es, nur längs eines Radius auszurechnen. Der Mittelwert der jeweils ausgerechneten vier Quadrate wird nun mit dem Inhalt des dazugehörigen Kreises multipliziert. Darauf erfolgt Addition der Inhalte der verschiedenen Kreise. Dieser läßt sich leicht berechnen, da die Quadratseite $a = 1\text{ mm}$ beträgt. Somit ist der Inhalt des ersten auszurechnenden Kreises: $I_1 = \pi (r_2^2 - r_1^2) = \pi (17^2 - 5^2) = 12\pi = 37,7$ des zweiten: $I_2 = 28\pi = 87,9$, des dritten: $I_3 = 44\pi = 138,1$

Da man aber nur die Hälfte aller Kreise berechnet, so muß man die Endsumme noch mit 2.1 multiplizieren. Die Zahl 2.1 hat Röttschke empirisch gefunden, indem er in mehreren Versuchen zunächst das ganze Stauffbild auszählte und durch die Anzahl der Staubeile aus den berechneten Kreisen dividierte. Je nach Anzahl der Kolbenzüge hat man jetzt den Gehalt an Staubeile pro $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$ usw. Liter Luft. Dieser wird dann auf 1 Liter Luft umberechnet.

Ein Beispiel: Bei 2 Kolbenzügen.

Anzahl der Staubeile in den 4 Quadraten				Mittelwert	Inhalt der Kreise	Anzahl der Staubeile in den Kreisen
44	46	48	42	45	37.7	1696
18	19	20	19	19	87.9	1690
7	5	4	5	5.5	138.1	759
						4125

Summe der Staubeile
in den ausgerechneten
Kreisen
4125
mal 2.1 = Anzahl der Staubeile des ganzen Stauffleckes
mal 2.1 = 8663 pro $\frac{1}{4}$ Liter
Pro Liter Luft = 34652 Staubeile

Die ersten Versuche wurden im Hygienischen Institut mit der im Handel befindlichen Gummi-Glycerin-Lösung gemacht. Die Lösung war nach ungefähr 2 Stunden auf der Objektscheibe festgeworden und diese somit gebrauchsfertig. Sodann wurden Versuche angesetzt, bei denen ich den Glycerinanteil der Lösung verstärkte. Als beste Mischung erwies sich: 1 Teil Glycerin und 5 Teile Gummi-Glycerin-Lösung. Es trat bei dieser Mischung ein Festwerden ein und es blieb die Klebkraft mehrere Tage erhalten. Vor allen Dingen hat man bei dieser Mischung den Vorteil, daß beim Bestreichen der Platten eventuell entstehende Luftbläschen nach einiger Zeit verschwinden. Die Lösung wird mit einem Pinsel als breiter Ring auf die Felderzone möglichst gleichmäßig dünn und ohne Streifen zu verursachen aufgetragen. Die ausgewertete Platte wird gewässert, mit einem sauberen Leinentuch abgewischt und wieder neu präpariert.

Nicht ganz gleichgültig schien die Frage, ob man beim Auszählen von Stauffproben, die bei verschiedener Anzahl von Kolbenzügen genommen waren, die gleiche Anzahl Staubeile pro Liter Luft erhielt. Es wurden deshalb in einem abgeschlossenen Raume kurz hintereinander Stauffproben mit verschieden hohem Saugvolumen genommen. Bei der Auszählung der Staubeile pro Liter Luft ergab sich eine Abweichung vom Mittelwert von ungefähr 7 %, wie sie Löbner (2) bei seinen Versuchen ebenfalls gefunden hat.

Weiterhin tauchte die Frage auf, inwieweit man den täglichen Gang des Stauffgehalts zu berücksichtigen hat. Aus früheren Arbeiten [(14)–(17)] ist der tägliche Gang bekannt. Auch meine verschiedenen Tagesmessungen zeigen deutlich, zu welchen Zeiten größere Änderungen des Stauffgehalts zu erwarten sind (siehe Abb. 4). Da in der Mittagszeit der Stauffgehalt keinen größeren Schwankungen unterworfen ist, so wurde in dieser Zeit die Messung vorgenommen.

Um bei vergleichenden Messungen an einer Stelle immer die gleichen Versuchsbedingungen zu haben, wurde zudem das Konimeter während der stets zweifach ausgeführten Probenahme so gehalten, daß die Einsaugöffnung immer der Luftströmung entgegengesah und der Wind freien Zutritt zum Apparat hatte. Die Probenahme für alle Versuche erfolgte etwas über Kopfhöhe — also etwa 2 m über dem Erdboden —, um eine etwaige Beeinflussung durch den Körper zu vermeiden. Durch diese Versuchstechnik konnten größere Schwankungen und zeitlich lokale Veränderungen des allgemeinen Stauffgehalts weitgehend ausgeschaltet werden. —

Über das gesamte Stadtgebiet sind 14 Meßstellen möglichst gleichmäßig verteilt (siehe Stadtplan und West-Ost-Profil).

Bevorzugt wurden Stellen, die als markante Punkte im Stadtbild gelten. In der Altstadt bzw. Hangstadt sind dies die sogenannte „Wasserscheide“, der Markt und der Rudolfsplatz, als Stellen stärksten Verkehrs. Im Südviertel sind es



Abb. 2. Stadtplan

- | | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 = Rudolfsplatz | 4 = Wilhelmsplatz | 7 = Wasserscheide | 10 = Hauptbahnhof | 13 = Ortenberg |
| 2 = Kaserne | 5 = Marktplatz | 8 = E.-Kirche | 11 = Lahnufer | 14 = Spiegelslust |
| 3 = Südbahnhof | 6 = Schloß | 9 = Hauptpost | 12 = Schülerpark | |

ebenfalls verkehrsreiche Stellen, wie Kaserne, Brücke am Südbahnhof und Wilhelmsplatz. Im Norden der Stadt wurden Meßpunkte an der Elisabethkirche, Hauptpost und am Hauptbahnhof gewählt. Außerhalb des dichtbebauten Stadtgebietes liegt eine Meßstelle unmittelbar in der Lahnaue, eine im Schülerpark (Kurpark der Stadt) und eine dritte vor dem Kurhotel Ortenberg. Hinzugenommen wurden noch je eine Meßstelle auf dem Schloß und auf Spiegelslust.

Das Profil ist ein West-Ost-Profil der Stadt. Es verläuft vom Schloß, das 271 m hoch über NN auf der unbebauten Höhe des Schloßberges liegt, herunter über die dichtbesiedelte, am Hang des Schloßberges gelegene Altstadt, in der die „Wasserscheide“ für die Messung ausgesucht wurde. Die Bebauungsdichte

nimmt gegen das Lahnufer hin ab. In der Lahnaue, an der Holzbrücke, befindet sich der Meßpunkt „Lahnufer“ (180 m über NN). Auf fast gleicher Höhe, nur 50 m entfernt, liegt die Beobachtungsstelle „Schülerpark“. Dahinter steigt der Ortenberg an, der nur auf eine kurze Strecke noch locker bebaut ist, wo auch die Meß-

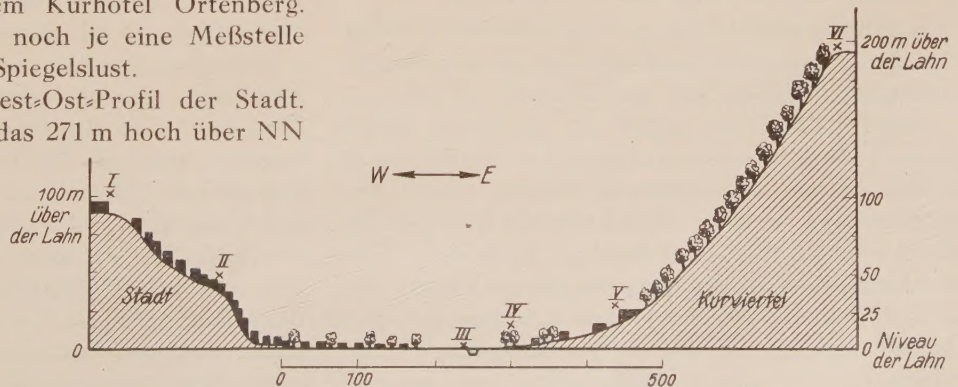


Abb. 3. West-Ost-Profil der Stadt

- | | | |
|--------------------|------------------|------------------------|
| I = Schloß | III = Lahnufer | V = Kurhotel Ortenberg |
| II = Wasserscheide | IV = Schülerpark | VI = Spiegelslust |

stelle „Ortenberg“ (200 m über NN) gelegen ist. Auf der Höhe, etwa 380 m über NN, wurde vor dem Wilhelmsturm („Spiegelslust“) gemessen. Die Entfernung Schloß—Spiegelslust beträgt etwa 1000 m, während die Breite der Talsohle nur ungefähr 500 m ausmacht.

Der Meßweg und die Lage der einzelnen Meßstellen zueinander ist aus den beigelegten Zeichnungen (Stadtplan und West—Ost—Profil) ersichtlich. Alle Punkte wurden bei einer Meßserie doppelt vermessen (Hin- und Rückweg), um zeitliche Änderungen des Staubgehaltes auszuschalten.

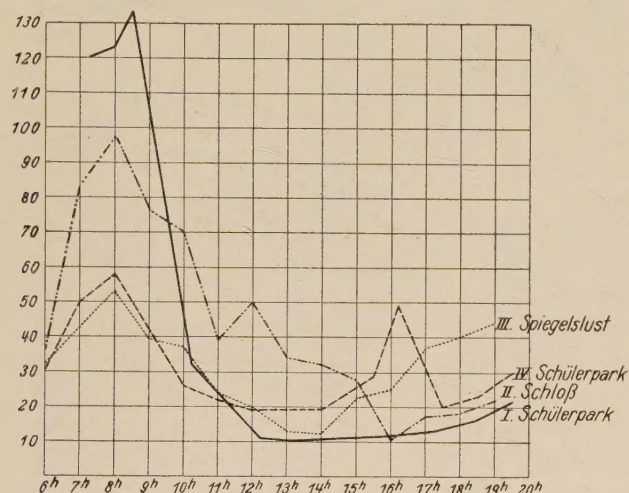


Abb. 4

Kurve IV zeigt um 16 Uhr ein Maximum, das durch einen plötzlichen Regenschauer zu erklären ist. Das Maximum um 12 Uhr in der Kurve II ist durch einen Windstoß von der Stadt her bedingt. Um 16 Uhr haben wir in derselben Kurve ein Minimum zu verzeichnen, das wohl durch die lokale Windstille hervorgerufen wurde, und die darauf folgenden gegen die Mittagswerte geringeren Staubzahlen sind durch Änderung der Windrichtung von mittags Ost auf nachmittags bzw. abends West bis Südwest zu erklären. Die Werte der Kurven I und IV stammen von derselben Meßstelle (Schülerpark), wurden aber an verschiedenen Tagen, somit bei veränderten atmosphärischen Verhältnissen, gemessen. Am 11. September (Kurve I) waren die Morgentemperaturen äußerst niedrig (4.8° C gegenüber 14.5° C am 5. September). Es war daher eine verstärkte Feuerung und damit eine größere Rußausscheidung vorhanden. Daß der Staubgehalt am 11. September in den Morgenstunden bedeutend größer war als am 5. September, wird weiter durch die Tatsache begründet, daß in den Morgenstunden ein ziemlich starker Nebel vorhanden war, aber ab 10 Uhr bereits die Temperatur auf 14.1° C gestiegen und der Himmel wolkenlos und klar war. Zu erwähnen ist noch, daß sämtliche Tagesmessungen an heiteren Tagen vorgenommen worden sind.

Wind- und Feuchtigkeitswerte zu den Tagesmessungen (zu Abb. 4)

I = ——— Schülerpark am 11. September 1936

II = - - - - - Schloß (Freilichtbühne) am 30. August 1936

III = Spiegelslust am 25. August 1936

IV = - - - - - Schülerpark am 5. September 1936

		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 ^h
I	Relative Feuchtigkeit in %	94	94	94	94	80	70	58	50	50	50	50	50	51	65	65
	Wind	C	C	C	C	C	N 1	N 2	N 2	N 2	N 2	N 2	N 1	N 1	N 1	N 1
II	Relative Feuchtigkeit in %	92	92	92	80	65	63	60	55	43	42	40	43	43	43	43
	Wind	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	C	W 1	SW 1	SW 1	SW 1
III	Relative Feuchtigkeit in %	90	90	90	84	70	65	60	58	58	58	58	58	65	68	72
	Wind	W 1	W 1	W 1	W 1	W 1	W 1	SW 1	SW 1	SW 1	W 2	W 2	W 2	W 1	W 1	W 1
IV	Relative Feuchtigkeit in %	91	91	91	82	75	73	70	70	70	70	78	83	90	92	90
	Wind	S 1	S 1	S 1	S 1	S 2	S 2	SW 3	SW 3	SW 3	SW 4	SW 4	SW 3	SW 2	S 2	S 2

Meßergebnisse

1. Der tägliche Gang des Staubgehaltes

In Abb. 4 sind 4 Kurven aufgezeichnet, die den täglichen Gang des Staubgehaltes an drei ausgezeichneten Meßpunkten darstellen.

Sämtliche Kurven zeigen ein deutliches Maximum gegen 8 Uhr morgens, das bis 10 Uhr rasch abfällt. Es ist zu erklären durch den verstärkten Bahnverkehr in diesen Morgenstunden und durch die vermehrte Rauchausscheidung beim Anzünden der Heizkörper in den Privathäusern. Von 10 bis 12 Uhr konstatiert man einen weiteren geringen Abfall. Ab 12 Uhr ist ein annäherndes Gleichbleiben der Werte bis zum Spätnachmittag festzustellen. Gegen Abend erfolgt wieder ein geringer Anstieg.

2. Abhängigkeit von der Windrichtung

Die vorliegenden Untersuchungen sind bei W-, SW-, S-, N- und NE-Winden angestellt. Diese sind für Marburg die am häufigsten vorkommenden Windrichtungen, wie eine Arbeit von K. Dörrfel gezeigt hat. Die Angaben der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf die im Tal stark abgelenkten Bodenwinde. Die Windrichtung auf dem Schloß und Spiegelslust kommt bereits der Gradientwindrichtung nahe. Zu diesem Schluß führte die Beobachtung, daß an beiden Orten stets die gleiche Windrichtung herrschte und die Messungen der Windrichtungen in der Stadt gerade die charakteristischen Ablenkungen gegenüber dieser zeigten. Die Feststellung ist in Übereinstimmung mit der Arbeit von Dörrfel (1).

Die verschiedensten Staubquellen tragen zur Verstaubung der Stadt bei. Große Industrieanlagen sind im Marburger Stadtgebiet nicht zu verzeichnen. Es kommen lediglich die Brauerei Bopp, das Schlachthaus, die Tapetenfabrik und das Gaswerk neben den Bahnhofsanlagen als Staubzeuger in Frage. Die *hauptsächliche Staubquelle* der Hangstadt aber sind die *Kamine der Häuser*. Infolge des terrassenförmigen Aufbaues der Stadt gelangt auch bei Windstille der Rauch aus den Kaminen der tiefer liegenden Häuser in die darüberliegenden Straßen. Zu den bodennahen Staubquellen zählen für die Hangstadt auch die an und für sich hohen Kamine der Brauerei Bopp und des Schlachthauses. An windstillen Tagen, besonders aber bei Winden aus östlicher Richtung, wird der Rauch dieser der Hangstadt unmittelbar vorgelagerten Staubquellen direkt auf sie zugetrieben. So bietet sich einem Beobachter mitunter eine vollständig verqualmte Innenstadt. Zu solchen Zeiten konnte an der Meßstelle „Wasserscheide“ der größte Staubgehalt gemessen werden. Wie groß die zusätzliche Verstaubung sein kann, möge ein Versuch zeigen, der unter sonst gleichen Bedingungen angestellt wurde; nur einmal war der Kamin der Brauerei Bopp in Tätigkeit, während er bei einer kurze Zeit vorangehenden Messung stilllag:

151 000 Staubteilchen/Liter Luft
(Kamin in Tätigkeit),
67 800 Staubteilchen/Liter Luft
(Kamin in Ruhe).

Da die Bahnhofsanlagen im Nordosten der Stadt liegen, kommt eine zusätzliche Verstaubung der Stadt durch diese nur bei Winden aus östlicher und nordöstlicher Richtung in Betracht. Bei Südwind ist eine Verminderung des Staubgehaltes, vor allen Dingen in dem im Tal gelegenen Stadtteil zu bemerken, da der Einfluß der erwähnten Industrie- und Bahnhofsanlagen fortfällt. So war an der für das Tal charakteristischen Meßstelle „Lahnufer“ ein Fallen von 67 000 Teile pro Liter Luft bei NE-Wind auf 30 000 Teile bei Südwind festzustellen.

Eine deutliche Herabsetzung des Staubgehaltes ist auf dem Schloß bei Westwind zu beobachten, der aus dem freien, unbebauten Vorland nur sehr wenig Staub mitbringt. Da das Schloß sich unmittelbar über der Stadt erhebt, liegt es in ihrem Rauchfang. Allein bei Westwind wird der Staub der Stadt vom Schloß fortgetrieben, so daß die Staubzahl dort mitunter geringer ist als auf Spiegelslust. Daraus darf nicht geschlossen werden, daß das Schloß bei Westwind dauernd staubfrei ist. Bei leichten Westwinden besteht bereits wieder die Möglichkeit, daß in den Windpausen der Hangwind den Stadtstaub an die Meßstelle treibt, wie aus den Messungen deutlich hervorgeht. Als Be-

weis möge folgendes Versuchsergebnis dienen, das sich, allerdings mit relativ verschiedenen Staubzahlen, mehrmals wiederholte.

Schloß (leichter Westwind)
= 2 350 Teile pro Liter Luft.
Schloß (Windpause)
= 10 350 Teile pro Liter Luft.
Spiegelslust (Westwind)
= 3 900 Teile pro Liter Luft.

Es ist also ein plötzlicher Anstieg auf das 4fache zu bemerken.

Herrscht in der Hangstadt Westwind, so wird der bodennahe Staub von den höher liegenden Stellen in die tiefer liegenden Häuserfronten geweht. Im Ortenbergviertel müßte bei Westwind eigentlich eine deutliche Zunahme des Staubgehaltes zu verzeichnen sein. Die Meßergebnisse zeigten aber ein kaum merkliches Anwachsen des Staubgehaltes, was dadurch zu erklären ist, daß der Wind vor der Meßstelle „Ortenberg“ hochgetrieben wurde, so daß der von der Stadt herübergewehrte Staub selbst nicht mehr gemessen worden ist. Zu diesem Schluß führte die Beobachtung der Rauchfahnen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei Nordwind im Ortenbergviertel bemerkt, wo eine zusätzliche Verstaubung durch die Bahnhofsanlagen zu erwarten war. Die unerwarteten Verhältnisse und die Bedeutung des Kurviertels gaben mir den Anlaß zu speziellen Untersuchungen, deren Ergebnisse an späterer Stelle folgen. Bei Nordwind kommt eine zusätzliche Verstaubung der Oberstadt durch die Bahnhofsanlagen weniger in Betracht, wohl aber des im Tal gelegenen Stadtteils. Auch von den übrigen größeren Staubquellen gelangt bei Nordwind kein Staub in die Hangstadt. Wenn dort trotzdem kein beträchtliches Absinken des Staubgehaltes zu beobachten ist, so liegt das daran, daß von anderen tiefer liegenden Häuserschornsteinen Staub an die betreffenden Meßstellen herangetrieben wird, was wiederum durch den Aufbau der Stadt zu erklären ist.

3. Staubverteilung bei verschiedener Witterung

Von nicht geringer Bedeutung ist eine Betrachtung über die Abhängigkeit des Staubgehaltes vom Wetter. Ich habe die Wetterverhältnisse in drei Gruppen zusammengefaßt, die ich als „regnerisch“, „trübe“ und „heiter“ charakterisiere. Bei der Betrachtung der Kurven, die Mittelwerte aus 3 Meßgängen darstellen, die jeweils zu derselben Wettergruppe gehören, erkennt man, daß die Kurven nur relativ zueinander verschoben sind (siehe Abb. 5).

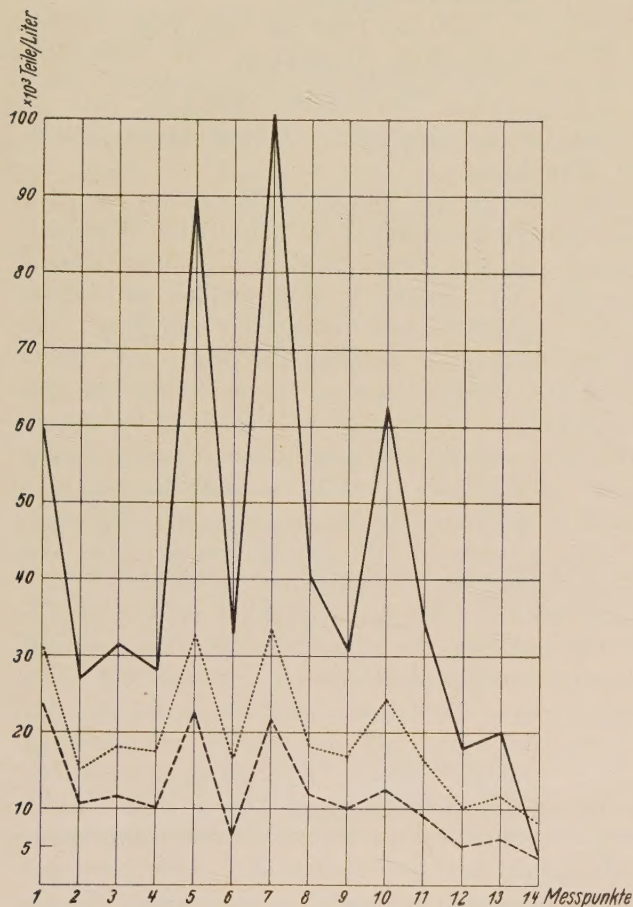
Der Staubgehalt ist überall an heiteren Tagen am geringsten. Dazu muß bemerkt werden, daß zwischen den schönen Tagen, an denen die Messungen ausgeführt wurden, und den voraus-

gegangenen Regentagen nur ein Zeitraum von ungefähr 2 Tagen lag, so daß der Boden nur wenig ausgetrocknet war. Dies führte zu Abweichungen gegenüber Messungen anderer Autoren, die den größten Staubgehalt an heiteren Tagen festgestellt haben, und deren Messungen wohl meist eine

die Kurve für regnerisches Wetter auf. Während an allen anderen Meßpunkten die Staubzahlen bei regnerischem Wetter Maximalwerte darstellen, findet man an der 14. Meßstelle (Spiegelslust) ein deutliches Absinken des Staubgehalts, was seine Ursache darin hat, daß bei regnerischem Wetter kein Staub von der Stadt bis dorthin aufsteigt, während er bei trübem Wetter noch gemessen wird.

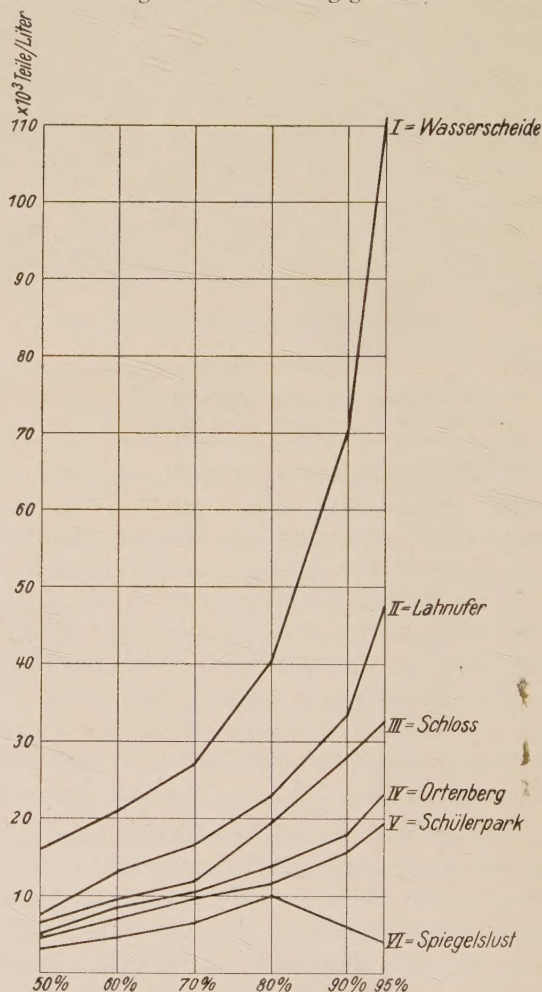
Zusammenhang von Staubgehalt und relativer Feuchtigkeit

Mit aufkommender Bewölkung steigt zumeist die relative Feuchtigkeit an. So liegt es nahe, eine Untersuchung über die Abhängigkeit des Staubgehalts von der relativen Feuchtigkeit anzustellen. In Abb. 6 ist dieses Ergebnis aufgezeichnet. Für die Untersuchungen der Abhängigkeit des Staub-



längere Trockenperiode vorausging. Bei schönem Wetter kommt im wesentlichen der bodennahe Staub zur Messung, wobei der von der Straße aufgewirbelte Staub nach feuchten Tagen verhältnismäßig gering ist.

Wolkiges Wetter bringt eine Vermehrung des Staubgehaltes infolge des geringeren Austausches der Luft nach oben, womit ein Absinken des Staubes aus höheren Schichten verbunden ist. Bei regnerischem Wetter steigen die Staubzahlen an allen Meßstellen in beachtlichem Maße weiter an. Das hängt damit zusammen, daß die Konvektion fast gänzlich aufgehoben ist, so daß der Rauch direkt in die Straßen gedrückt wird. So ergaben z. B. Einzelmessungen auf der „Wasserscheide“ Staubzahlen von über 150 000, wenn der Rauch der Brauerei Bopp und der Häuserschornsteine sich über die Hangstadt legte. Eine Besonderheit weist



gehalts von der relativen Feuchtigkeit genügte es, sich auf die Meßpunkte des West-Ost-Profiles zu beschränken, die zugleich die Höhenunterschiede berücksichtigen. Die Messungen sind von 10 zu 10 %, bei 50 % angefangen, aufgezeichnet. Die Werte der relativen Feuchtigkeiten wurden den

Registrierungen der Beobachtungsstationen „Physikalisches Institut“ und „Beobachtungshütte am Ortenberg“ entnommen. Für die Meßstellen des Stadtgebietes sind die Angaben des Physikalischen Instituts verwandt worden und für die des Kurviertels die der Beobachtungshütte. Somit wurde ein Unterschied zwischen den relativen Feuchtigkeiten in den angegebenen Gebieten berücksichtigt, der in einer Arbeit von D ö r f f e l (1) des näheren besprochen ist.

Allen Kurven — außer der Kurve für Spiegelslust — ist gemeinsam, daß sie mit zunehmender Feuchtigkeit ansteigen. Der Anstieg erfolgt aber nicht durchweg linear. Nur im Intervall von 50 bis 70 % ist ein geringer, fast linearer Anstieg zu erkennen; im folgenden von 70 bis 95 % stellt man einen rascheren Anstieg fest. Die weitere Anreicherung von Staubteilen in Bodennähe ist einmal bedingt durch die immer stärker abnehmende Konvektion, zum anderen wird die Sink-Geschwindigkeit der aus den Kaminen hochgewirbelten trockenen Staubteilchen, die bei hoher Luftfeuchtigkeit durch Aufnahme von Wasser schwerer werden dürften, vergrößert. Das erklärt auch, daß gerade zwischen 90 und 95 % relativer Luftfeuchtigkeit der Staubgehalt sehr stark zunimmt. Die Spiegelslust-Kurve zeigt bis 80 % relativer Feuchtigkeit den gleichen Verlauf wie die anderen Kurven, dann aber erfolgt ein starker Abfall. Diese Verminderung des Staubgehalts beruht in erster Linie darauf, daß der Stadtstaub nicht mehr bis in diese Höhe gelangt, wozu wahrscheinlich noch ein stärkeres Absinken der vorhandenen Staubteilchen kommt.

Man sollte auch an der Meßstelle „Schloß“ einen Abfall der Kurve von irgendeinem Feuchtigkeitsgehalt an erwarten, da diese Stelle auch verhältnismäßig hoch liegt. Das zeigen in der Tat die Messungen bei Westwind außerhalb der Windpausen, während sonst der Hangwind den Abfall ausgleicht und sogar eine Zunahme des Staubgehalts bewirkt. Die aufgezeichneten Werte in der Kurve für den Meßpunkt „Schloß“ sind nicht die selten gemessenen Werte bei starkem Westwind, bei dem der Hangwind nicht aufkommen konnte, sondern die häufigeren Werte bei anderen lokalen Winden, und bei leichten Westwinden, bei denen eine zusätzliche Verstaubung von der Stadt her gegeben ist.

Staubverhältnisse im Kurviertel Ortenberg

Wie bereits erwähnt, habe ich bei Nord- und Westwind eine zu erwartende zusätzliche Verstaubung an der Meßstelle „Ortenberg“ nicht feststellen können. Diese Tatsache hat im Zusammenhang mit der Bedeutung des Kurgebietes den Anlaß zu eingehenderen Messungen gegeben. Zu

diesem Zwecke wurden 11 Meßstellen ausgewählt, deren Lage aus dem beigefügten Plan ersichtlich ist.

Zunächst interessierte die Verstaubung durch die Bahnhofsanlagen, die an den Punkten 1 bis 8 untersucht worden ist. Die Messungen sind bei Nord- bis Nordwestwind vorgenommen worden, bei dem der Rauch der Bahnhofsanlagen direkt

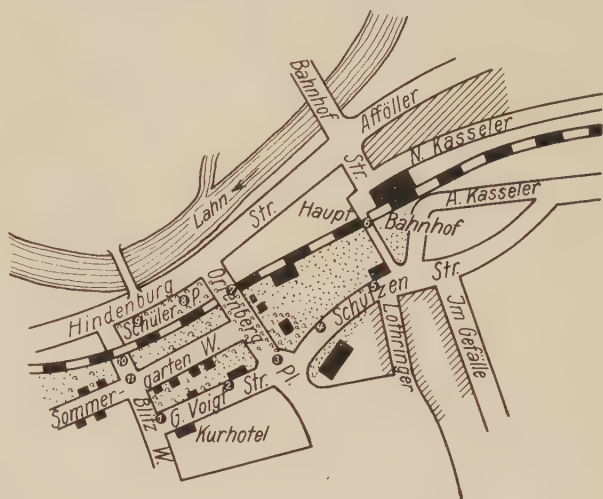


Abb. 7.

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1 = Ortenberg | 5 = Elektrizitätswerk | 9 = Schülerpark (unter Bäumen) |
| 2 = Privatschule Müller | 6 = Hauptbhnf. (Steg) | 10 = Bahnübergang |
| 3 = Jägerheim | 7 = Ortenbergbrücke | 11 = Sommergartenweg |
| 4 = Nerven-Str. | 8 = Sonnenuhr | |

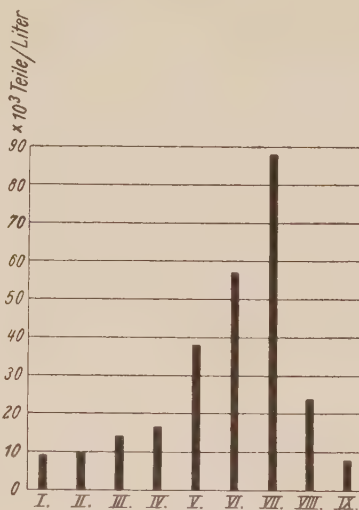


Abb. 8

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| I = Ortenberg | VI = Bahnhof (Steg) |
| II = Privatschule Müller | VII = Ortenbergbrücke |
| III = Jägerheim | VIII = Sonnenuhr (im Schülerpark) |
| IV = Nerven-Str. | IX = Schülerpark (unter Bäumen) |
| V = Elektrizitätswerk | |

auf den Ortenberg zugetrieben wurde. Als Hauptstaubquelle ist nicht der Bahnhof selbst, sondern die Lokomotivhalle festgestellt worden, so daß an der Meßstelle VII (Ortenbergbrücke) der größte Staubgehalt zu messen war.

Säule 5 in Abb. 8 gibt den Staubgehalt für die Meßstelle vor dem Elektrizitätswerk an. Der dort auftretende Staub stammt vom Hauptbahnhof und vor allen Dingen vom Güterbahnhof, der zwischen

Alter und Neuer Kasseler Straße liegt. Gerade an diesem Meßpunkt sind große Schwankungen des Staubgehalts festgestellt worden, die durch die örtlichen Windverhältnisse bedingt sind, da hinter dieser Meßstelle sich ein Tal öffnet. In diesem wehten bei den Messungen mitunter Winde vom Kornberg herab über die Lothringerstraße, die eine Verminderung des Staubgehalts am Elektrizitätswerk zur Folge hatten.

(Bei Wind vom Bahnhof = 38 000 Teile pro Liter Luft, bei Wind vom Kornberg = 26 000 Teile pro Liter Luft.)

Der in der Abb. 8 eingezeichnete Wert ist wie alle anderen ein Mittelwert aus 3 Meßgängen. Am

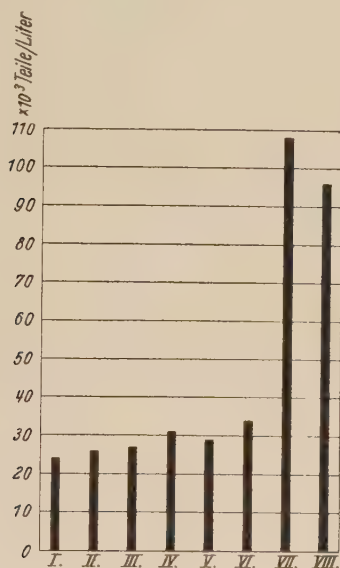


Abb. 9

- I = Schülerpark (unter Bäumen)
- II = Ortenberg (normal)
- III = Ortenberg (nach Vorbeifahrt eines D-Zuges)
- IV = Ortenberg (nach Vorbeifahrt eines P-Zuges, Qualm!!!)
- V = Ortenberg (nach Vorbeifahrt von zwei Zügen)
- VI = Bahnübergang (normal)
- VII = Bahnübergang (nach Vorbeifahrt eines D-Zuges)
- VIII = Sommergartenweg (nach Vorbeifahrt eines D-Zuges)

unmittelbarsten ist die Verstaubung durch den Bahnhof an der Meßstelle 6 (Bahnhofsteg) gemessen worden. Aus der Abb. 8 ist ein deutlicher Abfall der Staubzahlen an der Nervenklinik und am Jägerheim zu ersehen, der sich weiter an den Meßpunkten 2 und 1 zeigt. Dieser Abfall ist zunächst durch die größere Entfernung von den Staubquellen zu erklären, sodann aber auch durch die Filterwirkung der Baumbestände, die zwischen den Meßstellen und den Bahnhofsanlagen vorhanden sind. Die Filterwirkung macht sich sehr deutlich bemerkbar bei Meßstellen im Schülerpark, deren erste (Sonnenuhr) etwa 80 m von der Ortenbergbrücke entfernt liegt. Die Sonnenuhr steht frei mitten im Park auf einem quadratischen Feld, das gegen die Bahn hin mit hohen, dichten Hecken umgeben ist. Dazu kommen noch an der Ortenbergbrücke hohe Bäume, die gleichsam das

erste große Filter bilden. Die zweite Meßstelle befindet sich etwa 30 m von der Sonnenuhr entfernt, direkt unter Bäumen, so daß der Staubgehalt dort noch weiter abnimmt.

Ferner war die Frage der Verstaubung durch vorüberfahrende Züge von großem Interesse. Die Ergebnisse der diesbezüglichen Untersuchungen sind in Abb. 9 dargestellt.

Die erste Säule dient lediglich zum Vergleich mit der zweiten, welche die Verhältnisse an der Meßstelle „Ortenberg“ zeigt, wenn keine Beeinflussung durch Züge gegeben war, was ich als normal bezeichnet habe. Man sieht aus dem Vergleich, daß normalerweise der Staubgehalt vor dem Kurhotel nur wenig höher ist als im Schülerpark. Die Säulen 3 bis 5 zeigen die Verstaubung am Kurhotel bei vorüberfahrenden Zügen. Man erkennt, daß diese nur gering ist. Selbst ein stark qualmender Zug (Säule 4) zeigt nur eine zusätzliche Verstaubung von etwa 5000 Staubteilchen pro Liter Luft. Bei den anderen Säulen liegt die Zunahme sogar im Bereich der Fehlergrenze. Man muß also annehmen, daß der Staub der Züge gar nicht mehr zur Messung gelangte. Er wurde durch den Aufwind vor dem Ortenberg in die Höhe gehoben, was ich sehr deutlich durch Beobachtung der Rauchfahnen erkennen konnte. Daß die geringe zusätzliche Verstaubung nicht durch die Entfernung der Meßstelle von den Bahngleisen erklärt werden kann, ist aus einem Vergleich mit den Säulen 6 bis 8 zu ersehen. Säule 6 gibt den Staubgehalt am Bahnübergang (ohne Beeinflussung durch Züge) wieder. In Säule 7 ist der Staubgehalt an der gleichen Meßstelle aufgezeichnet, nachdem gerade ein Zug vorübergefahren ist. Man sieht die enorme Zunahme des Staubgehalts. Diese ist auch noch an dem Meßpunkt „Sommergartenweg“ (Säule 8) in nur geringer Verminderung festgestellt worden, wo sonst fast die gleichen Staubzahlen wie am Bahnübergang (bei normalen Verhältnissen) gemessen wurden. Nun liegt das Kurhotel nur fast ebensoweit vom Sommergartenweg entfernt wie jener vom Bahnübergang, so daß ohne den Aufwind vor der Meßstelle „Ortenberg“ die Verstaubung noch deutlich hätte erkannt werden müssen.

Zusammenfassung

Bei östlichen Winden tritt eine zusätzliche Verstaubung der Hangstadt durch die Brauerei Bopp und das Schlachthaus ein.

Bei Nord-Nordost-Winden erfolgt eine zusätzliche Verstaubung des im Tal gelegenen Stadtteils durch die Bahnhofsanlagen, Gasanstalt und Tapetenfabrik.

Herrscht Südwind, so fällt die zusätzliche Verstaubung durch die Industrie- und Bahnhofsanlagen fort, und wir haben den geringsten Staubgehalt im Stadtgebiet zu verzeichnen.

Selbst an windstillen Tagen ist ein Anwachsen des Staubgehalts in der Hangstadt zu beobachten, weil der Hangwind den Staub der vorgelagerten und tiefer liegenden Staubquellen auf die Stadt zieht.

Mit zunehmender Bewölkung erhöhen sich die Staubzahlen.

Bei Nebel und Regen tritt mit dem Nachlassen der Konvektion ein Absinken der Staubteile aus höheren Schichten ein.

Mit zunehmender relativer Feuchtigkeit steigt der Staubgehalt.

Grünanlagen wirken als Staubfilter und verringern den Staubgehalt sehr wesentlich.

Die Meßstelle vor dem Kurhotel Ortenberg hat eine besonders günstige Lage. Hier konnte neben Spiegelslust und dem Schülerpark der geringste Staubgehalt im ganzen Stadtgebiet gemessen werden. Selbst der Einfluß der Bahn, der sich bis zum Sommergartenweg deutlich nachweisen läßt, ist vor dem Kurhotel fast nicht mehr bemerkbar.

Da nur diejenigen Teilchengrößen des Staubes im Konimeter gemessen wurden, welche in die Alveolarräume der Lungen einzudringen vermögen, so lassen sich aus der Arbeit Schlüsse ziehen, an welchen Stellen Marburgs die stärkste bzw. schwächste Gesundheitsgefährdung durch Staubinhalation besteht. Alle westlich der Lahn gelegenen Stadtteile sind in dieser Hinsicht auch wegen des hier herrschenden stärkeren Verkehrs als ungünstig zu bezeichnen, während das Kurviertel trotz Berührung mit der Bahnlinie und der Autoumgehungsstraße auffallend günstig liegt. Eine Ausnahme machen die Straßen Sommergartenweg und Huteweg, welche in unmittelbarer Abhängigkeit vom Bahnverkehr stehen.

Die Untersuchungen beweisen erneut, wie wichtig es ist, sich vor der Anlegung von Stadtrandsiedlungen, Villen- und Kurvierteln über die örtliche Luftbeschaffenheit zu unterrichten.

Literatur

- 1) Käte Dörffel, Das Stadtklima von Marburg a. d. L. Zeitschr. f. angew. Meteorol., 53. Jahrg., 1936.
- 2) Alfred Löbner, Horizontale und vertikale Staubverteilung in einer Großstadt. Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig.
- 3) Teleky, Lochtkemper usw., Schriftenreihe „Arbeit und Gesundheit“ 1928, H. 9. Berlin, Verlag R. Hobbing.
- 4) H. Lehmann, Die Wirkung des Staubes auf den menschlichen Organismus, seine Bedeutung für die Volksgesundheit und sein Nachweis nach hygienischen Grundsätzen. Kleine Mitteilungen der Preuß. Landesanstalt für Wasser-, Luft- und Bodenhygiene 10, 254, 1934.
- 5) H. Lehmann, F. Löwe und C. Tränkle, Das Zeissche Freiluftkonimeter. Arch. f. Hyg. 112, 141, 1934. (Mess 709.)
- 6) P. Köhler und C. Sorgenfrei, Über eine neue Methode der Freiluft-Staubuntersuchungen. Vorläufige Mitteilung über die Apparatur. Zeitschr. f. d. gesamte Therapie 44, 9, 1933.
- 7) Zeiss-Konimeter. Mess. 560/V.
- 8) J. Pfaff, Teilchengrößen von Luftverunreinigungen. Gerl. Beitr. 39, 236, 1933, H. 2/3.
- 9) W. Liesegang, Über den gegenwärtigen Stand der Lufthygiene. Klin. Wochenschr. 1928, H. 10, 272—275.
- 10) K. Pesch, Neue Methoden der Großstadtstaubbestimmung. Arch. f. Hyg. 105, 1929.
- 11) Brotzu, Über die Bedeutung des Straßenstaubes in Städten. Arch. f. Hyg. 1931.
- 12) Gottfried Seiler, Beiträge zur quantitativen Staubbestimmung. Arch. f. Hyg. 100, H. 5—7.
- 13) B. Heymann, Die Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Staubes in der Atemluft. Zentralbl. f. d. ges. Hyg. 24, 1932.
- 14) Livius Vasu, Straßenluftuntersuchungen in Dresden. Diss. T. H. Dresden 1928.
- 15) H. Ilzhöfer und H. J. Giese, Straßenluftuntersuchungen in München. Arch. f. Hyg. 113, 1935, H. 4.
- 16) A. Heller, Bestimmung des Rußgehaltes mit dem Automatic-Filter nach Owens. Ges.-Ing. 1934, H. 15.
- 17) R. A. Nielsen, A Study of Atmospheric Dust using a continuous Jet-Counter. Terr. Magn. 39, 1934, Nr. 4.
- 18) H. W. Gonell, Zusammenstellung der bisher bekannten und verwendeten Staubmeßapparate. Arch. f. techn. Messen. April 1934, Kennziff. V 1286, 4. Bl., T 43.
- 19) F. Albrecht, Untersuchung der vertikalen Zirkulation in einer Großstadt. Meteorol. Zeitschr. 50, 1933, H. 3; 52, 1935, H. 3.
- 20) W. Schmidt, Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen. Samml. „Probleme der kosmischen Physik“, Bd. VII. Hamburg, Verlag Henri Grand, 1925.

Lebenslauf

Am 31. Januar 1909 wurde ich als Sohn des Volksschullehrers Kaspar Herrig und dessen Ehefrau Maria, geb. Risken, in Bochum geboren. Nach dem Besuch der Volksschule in Niederwenigern a. d. Ruhr und des Realgymnasiums in Hattingen a. d. Ruhr bestand ich am 6. März 1929 die Reifeprüfung.

Am 1. Mai 1929 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität zu Freiburg i. Br. und studierte in den folgenden Jahren an den Universitäten Marburg, Innsbruck und Greifswald.

Am 9. November 1932 bestand ich in Marburg die zahnärztliche Vorprüfung. Nachdem ich gezwungen war, mein Studium einige Semester zu unterbrechen, legte ich am 26. November 1935 die zahnärztliche Staatsprüfung ab und erhielt anschließend die Approbation als Zahnarzt.

Meine vorklinischen Lehrer waren:

In Freiburg: Henckel, Herrenknecht, Mie, Scheidt, Staudinger.

In Marburg: Brammer, Dittler, Göppert, Grüneisen, Kunzen-
dorf, Meerwein, Nauck, Seidel†, Strecker, Thiel.

Meine klinischen Lehrer waren:

In Marburg: Fliege, Kunzendorf, Pfannenstiel, von Reckow,
Seidel†, Wiedhopf.

In Innsbruck: Bayer, Krainz, Mayrhofer, Schupfer.

In Greifswald: Baumecker, Plötz, Proell, Schönfeld, Stickl,
Terbrüggen, Velde, Wels.

Es ist mir nun noch eine angenehme Pflicht, meinen herzlichsten Dank auszusprechen:

Herrn Prof. Dr. W. Pfannenstiel, meinem verehrten Lehrer, für die Anregung zur vorliegenden Arbeit, für seine jederzeit bereite Unterstützung, sowie für die freundliche Übernahme des Referats.

Fräulein Dr. K. Dörffel, für die Einführung in die Arbeitsmethoden und für ihr großes Interesse an der Arbeit selbst.

